



Diseño del Modelo de una Red WiFi con Servicios de Telefonía IP con Enlaces de Larga Distancia en Zonas Rurales como Solución a la Demanda de Telefonía Tradicional

Ángel Lacerna Córdova ⁽¹⁾ David Cañar Murillo ⁽²⁾
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
alacerna@espol.edu.ec ⁽¹⁾, dcanar@espol.edu.ec ⁽²⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ⁽⁴⁾

Resumen

El presente trabajo consiste en el diseño de un modelo de una red de comunicaciones basada en tecnología IEEE802.11b/g (Wi-Fi) aplicando servicios de Voz sobre IP basada en Asterisk en sitios de área geográfica rural, el cual fué una mejora a la demanda de líneas telefónicas tradicionales que no están disponible generalmente en estas áreas. El diseño del modelo fue realizado siguiendo normas y estándares que al momento de implementarlo ofrecieron ventajas a nivel de costos y tecnología.

Con la implementación de este proyecto buscamos reducir la brecha tecnológica que aun existe en sitios de área geográfica rural con un servicio tan importante como es el de telefonía. Para cumplir con este objetivo promovemos el uso del software libre Asterisk bajo Linux CentOS para obtener ahorros en costos de hardware, ahorro en costos de llamada a las diferentes operadoras telefónicas por tasas que son muy elevadas y utilización de un espectro de frecuencia no licenciado.

Palabras Claves: Asterisk, DUNDi, Wi-Fi, VoIP, PSTN

Abstract

This work involves the design of a communications network model based on IEEE802.11b/g(Wi-Fi) technology using Voice over IP services based on Asterisk in rural geographic area sites, which was a improvement to demand for traditional phone lines that are not generally available in these areas. The design of the model was made according rules and standards that offer advantages in costs and technology at the moment of its implementation.

With the implementation of this project, we seek to minimize the technologic gap that still is present in rural geographic area sites, with a service as important as is the telephony. To reach this goal, we recommend to promote the using of free software Asterisk under Linux CentOS in order to get savings in costs of hardware, savings in cost of call to the different telephonic operators due to rates are too higher and the using of an unlicensed frequency spectrum.

1. Introducción

En esta nueva era de las telecomunicaciones digitales se ha logrado reducir las fronteras y grandes distancias, muchos estamos ampliamente beneficiados de las bondades que nos brinda la tecnología y es así que encontramos varios campos de acción para su utilización.

No obstante, existen numerosos sitios alejados del perímetro urbano que para poder estar en continua comunicación, deben involucrar numerosos gastos excesivos en los costos que tienen que pagar para poder hacer uso del servicio de telefonía por citar un ejemplo.

En muchos casos este servicio de telefonía no existe para los entornos rurales debido a los muchos factores que este presenta. Además el porcentaje visto en las estadísticas del CONATEL es del 19%, con lo que hemos considerado la necesidad de dar una solución para este servicio en estas áreas.

El software Open Source Asterisk, proporciona un método eficaz para combatir los problemas de costos de implementación; a la vez que permite redistribuir eficientemente las llamadas aún estas sean de un sitio rural a urbano y viceversa. Es la herramienta más útil y recomendada para este proyecto debido a su flexibilidad y por ser de código abierto [2].

2. Metodología

Para la ejecución de nuestro proyecto, se instaló Asterisk en dos servidores con sistema operativo Linux bajo CentOS 5.3, en el cual se configuró todos los archivos necesarios para habilitar el servicio de telefonía IP.

El esquema a utilizar en este proyecto se define en la Figura 1, en la que se tendrá un escenario urbano y otro rural. En el ámbito urbano se tendrá un servidor que contará con las características técnicas necesarias para poder ser intermediario entre la red de telefonía pública (PSTN), la red de telefonía local de la organización y la red de telefonía remota del entorno rural.

Para esto es necesario contar con una tarjeta Digium TDM400P que permitirá hacer de Gateway entre los teléfonos y la red PSTN. Esta tarjeta es certificada para trabajar con Asterisk y permite crear un ambiente de tecnología que incluyen todas las características de un sistema de telefonía high-end.

En el entorno rural se usó un Punto de Acceso (AP), con una configuración personalizada de acuerdo a los parámetros de seguridad requeridos para que los teléfonos inalámbricos puedan conectarse.

Uno de los objetivos del proyecto es promover el uso de teléfonos IP inalámbricos en vez de los teléfonos tradicionales que utilizan cables, sobre todo

en el ambiente rural; para que los usuarios no tengan que estar dependiendo de un punto de conexión físico, sino que puedan tener mayores facilidades de movilidad y acceso a la hora de utilizar este servicio.

Este proyecto hace el uso de estándares abiertos [1] y software libre, los cuales permiten también desarrollar aplicaciones y servicios avanzados que las centrales telefónicas propietarias también ofrecen, pero con la ventaja que se puede obtener ahorro en costos de adquisición, mantenimiento y operación.

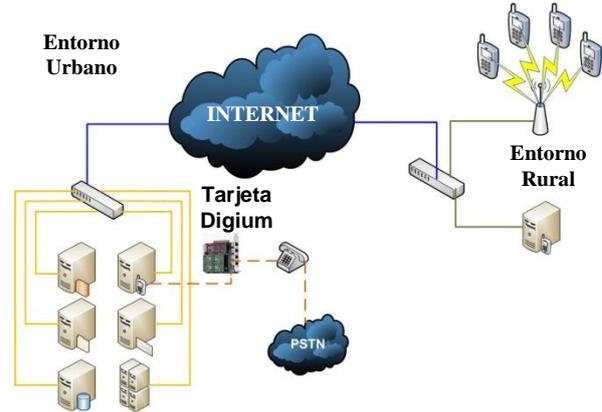


Figura 1 Esquema de la implementación

3. Asterisk, Dundi y WiFi.

Asterisk es un software de código abierto que cumple con todas las funcionalidades de una Central telefónica PBX, que puede conectar a un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí, provee servicios de llamadas, buzón de voz con directorios, sala de conferencias, respuesta de voz o IVR interactivo, llamadas en espera.; y puede usarse para distintos tipos de uso como doméstico, fuentes educacionales, telemedicina, empresarial, operadores de telefonía y demás servicios [6].

Fue desarrollado por Mark Spencer, quién fundó la empresa Digium y en la actualidad es su principal desarrollador junto a un equipo de programadores que han contribuido a la corrección de errores.

Se ejecuta en sistemas estándar como estaciones de trabajo, servidores, en arquitecturas x86, x86_64, PPC y está diseñado para que funcione bajo GNU/Linux, ya que cuenta con mejor soporte que otras plataformas como BSD o MacOSX, Windows (Emulado).

Es compatible con la mayoría de estándares de telefonía del mercado, tanto los tradicionales (TDM) con el soporte de puertos de interfaz analógicos (FXS y FXO) e ISDN (BRI Y PRI), como los de telefonía IP (SIP, H.323, MGCP, SCCP/Skinny). Esto permite que se conecte a las redes públicas de telefonía tradicional (PSTN) y se integre fácilmente con centrales tradicionales (no IP) y otras centrales IP [3] tal y como se muestra en la Figura 2 a continuación:

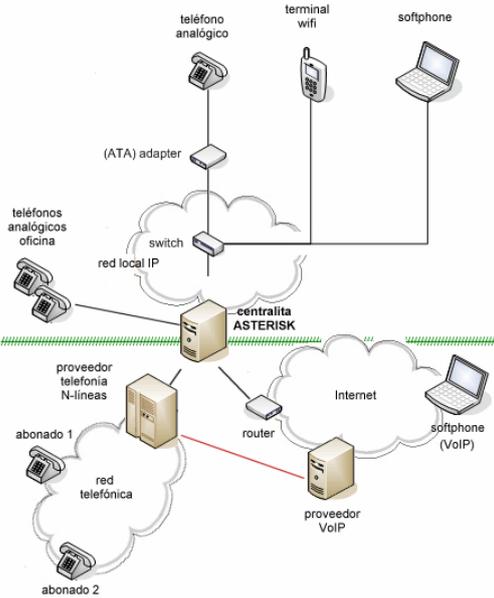


Figura 2 Entorno de trabajo con Asterisk

Dundi es un protocolo de transporte en las IP-PBX que nos permite interconectar servidores Asterisk para buscar, compartir y direccionar su plan de marcado entre sí. En la Figura 3 se puede observar este concepto al conectarse tres centrales telefónicas IP entre sí [4].

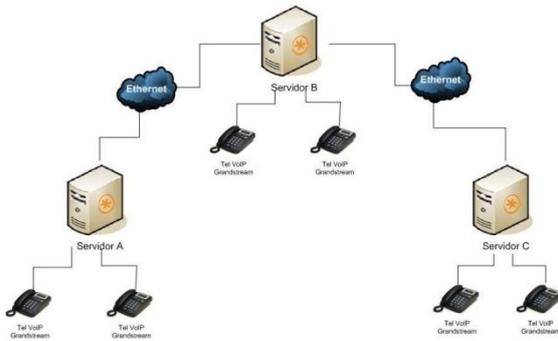


Figura 3 Conexión entre servidores con DUNDI

Las principales capacidades del protocolo DUNDI se pueden nombrar a continuación:

- Es un protocolo abierto, originalmente diseñado por Mark Spencer Digium quien también creó Asterisk, por lo que estos sistemas son compatibles entre sí y permiten comunicarse con otros servidores.
- Es un protocolo de transporte que utiliza el puerto UDP 4569 tanto para señalización como para los flujos de RTP (Real Time Transfer Protocol)

- Es el único que tiene la capacidad de “Interconectar” múltiples sesiones de Servidores en un solo flujo de datos, esto ayuda a reducir la latencia, la necesidad de procesamiento y el ancho de banda requerido
- Permite escalar más fácilmente una gran cantidad de canales de voz entre los puntos finales y nos ayuda a crecer en interconexión añadiendo otros servidores con planes de marcados diferentes
- Provee seguridad en la interconexión de los Servidores con las claves RSA generadas. (públicas y privadas).

Wi-Fi (que significa "Fidelidad inalámbrica", a veces incorrectamente abreviado WiFi) es el nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11.

Por el uso indebido de los términos y por razones de marketing, el nombre del estándar se confunde con el nombre de la certificación. Una red Wi-Fi es en realidad una red que cumple con el estándar 802.11.

Los estándares Wi-Fi más importantes se pueden apreciar en la Tabla 1, mostrados a continuación:[7]

Tabla 1 Estándares Wi-Fi

| Estándar | Características |
|----------------|--|
| 802.11a | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad a 54 Mbps. • Provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz. |
| 802.11b | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad a 11 Mbps. • Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles. • Alcanza hasta 300 mts en espacio abierto. |
| 802.11g | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad a 54 Mbps. • Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 Ghz. • Es compatible con el estándar anterior, el 802.11b; lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b. |
| 802.11d | <ul style="list-style-type: none"> • Es un complemento del estándar 802.11. • Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo. |
| 802.11e | <ul style="list-style-type: none"> • Está destinado a mejorar la calidad del servicio en el nivel de la capa de enlace de datos. • El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo. |

| | |
|----------------|--|
| 802.11i | <ul style="list-style-type: none"> • Está destinado a mejorar la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). • Se basa en el AES (estándar de cifrado avanzado) y puede cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g. |
|----------------|--|

Los proveedores de Wi-Fi están comenzando a cubrir áreas con una gran concentración de usuarios (como estaciones de trenes, aeropuertos y hoteles) con redes inalámbricas. Estas áreas se denominan "zonas locales de cobertura".

4. Diseño de red

A continuación vemos en la Figura 4 el modelo de red recomendado, donde el lado derecho es el entorno urbano y el lado izquierdo el entorno rural y el medio de transmisión es el INTERNET

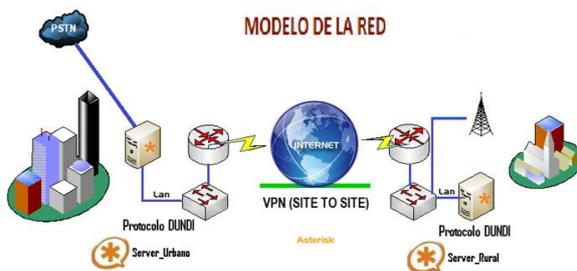


Figura 4 Modelo de red recomendado

Nuestro diseño es una red convergente donde viaja un tráfico de voz y datos definiendo mecanismos como:

- Seguridad en la red, con el uso de equipos como enrutadores en cada localidad, aplicando VPN (Site-to-site) para la transmisión segura de datos entre los Servidores.
- Escalabilidad en la infraestructura de Asterisk, configurando el protocolo DUNDI, con el objetivo de que la red crezca con servidores Asterisk y así se puedan comunicar todas entre sí.
- Autenticación a la hora de conectarse los teléfonos IP inalámbricos al punto de acceso, aplicando encriptación en las claves de acceso.

5. Componentes para la implementación

La puesta en marcha de este proyecto conlleva analizar y sugerir los requerimientos adecuados a nivel de hardware y software para poder cumplir con los objetivos propuestos.

Revisaremos dichos requerimientos partiendo primeramente por el hardware que implica tanto el servidor, teléfonos inalámbricos, puntos de acceso; luego se tomarán en consideración todos los requerimientos de software a nivel de sistema operativo, aplicación de PBX, archivos de configuración necesarios para la implementación.

5.1. Componentes de hardware

Los requerimientos necesarios de hardware son:

- Servidor (Intel Xeon Quad Core 2.4 Ghz, 2GB RAM DDR3, Disco duro 250GB, tarjeta de red Gigabit)
- Tarjeta Digium TDM400P (Soporta 4 puertos FXS o FXO)
- Teléfono IP inalámbrico (Soporte estándares SIPv2, compatible con estándar 802.11 b/g, soporte calidad de servicio, 64/128 bits cifrao WEP y soporte WPA-PSK, codecs G 711, G.729)
- Punto de Acceso (Soporte para los diferentes estándares Wi-Fi, Soporte de seguridad WEP, WPA, WPA2, RADIUS, Firewall SPI)

5.1. Componentes de software

Los requerimientos necesarios de software son:

- Sistema Operativo CentOS 5.3
- Asterisk 1.4.13 y sus addons

6. Configuración en Asterisk

La configuración de Asterisk requerida para nuestro proyecto se realiza básicamente en tres archivos de la carpeta /etc/asterisk/: sip.conf, extensions.conf, iax.conf y el archivo /etc/dundi.conf.

6.1. Archivo sip.conf

En este archivo se configuran todos los usuarios que usan el protocolo SIP. Existirá en ambos servidores y se detalla su contenido en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2 Configuración sip.conf en zona urbana

| | |
|---|--|
| [administracion] type=friend secret=welcome qualify=yes nat=no host=dynamic canreinvite=no context=internal | [repcion] type=friend secret=welcome qualify=yes nat=no host=dynamic canreinvite=no context=internal |
|---|--|



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Tabla 3 Configuración sip.conf en zona rural

| [david] | [gabriel] | [angel] |
|------------------|------------------|------------------|
| type=friend | type=friend | type=friend |
| secret=1234 | secret=1234 | secret=1234 |
| qualify=yes | qualify=yes | qualify=yes |
| nat=no | nat=no | nat=no |
| host=dynamic | host=dynamic | host=dynamic |
| canreinvite=no | canreinvite=no | canreinvite=no |
| context=internal | context=internal | context=internal |

6.2. Archivo extensions.conf

Es el archivo más importante de Asterisk, contiene las extensiones y el plan de marcado de la central telefónica en ambos servidores. Su contenido se detalla a continuación:

```
[general]
autofallthrough=no
clearglobalvars=no
[globals]
Administracion=SIP/administracion
Recepcion=SIP/recepcion
PACIFICTEL=DAHDI/4
[macro-extensiones]
exten => s,1,Dial(${ARG1},10,r)
exten => s,2,VoiceMail(${MACRO_EXTEN}
@default,u)
exten => s,3,Hangup()
exten => s,102,VoiceMail(${MACRO_EXTEN}
@default,b)
exten => s,103,Hangup()
[internal]
;para las extensiones de usuarios SIP e IAX2
exten =>
101,1,Macro(extensiones,${Administracion})
exten => 102,1,Macro(extensiones,${Soporte1})
exten => 103,1,Macro(extensiones,${Soporte2})
exten => 104,1,Macro(extensiones,${Recepcion})
;para buzón de voz
exten => 282,1,VoiceMailMain(${CALLERID
(num)}@default)
;incluyendo otros contextos
include => salientes
include => lookupdundi
[from-pstn]
exten => s,1,Answer( )
exten => s,2,Background(BIENVENIDO)
exten => s,3,WaitExten(5)
;para las extensiones de usuarios SIP e IAX2
exten => 1,1,Macro(extensiones,${Administracion})
exten => 4,1,Macro(extensiones,${Recepcion})
;para enrutar la llamada al otro servidor
include => lookupdundi
;para extensiones invalidas o no digitadas
```

```
exten => i,1,Playback(pbx-invalid)
exten => i,2,Goto(from-pstn,s,1)
exten => t,1,Playback(vm-goodbye)
exten => t,2,Hangup()
[lookupdundi] ;configurando dundi
switch => DUNDi/priv
[dundiextens]
include => internal
[incomingdundi]
include => internal
[salientes]
ignorepat =>9
exten=>_9xxx,1,Dial(${PACIFICTEL}/${EXTEN:1}
,10)
exten => _9xxx,2,Congestion()
exten => _9xxx,102,Congestion()
```

6.3. Archivo dundi.conf

La configuración del protocolo Dundi permitirá conectar 2 o más centrales telefónicas para compartir sus extensiones, por eso se configura en ambos servidores [5]. Su contenido se puede observar a continuación:

```
[general]
department=dept
organization=company
locality=city
stateprov=state
country=US
email=engineer@company.com
phone=contact phone number
port=4520
entityid=00:07:E9:60:98:88 ; Mac address de eth0 en
Servidor URBANO
cachetime=5
ttl=32
autokill=yes
[mappings]
priv => dundiextens,0,IAX2,priv:${SECRET}
@192.168.0.6/${NUMBER},nounsolicited,
nocomunsolicit,nopartial
[00:07:95:AF:56:63] ; MAC address Servidor
RURAL eth0
model = symmetric
host = 192.168.0.5
inkey = dundi
outkey = dundi
include = priv
permit = priv
qualify = yes
dynamic=yes
context=incomingdundi
```

6.4. Archivo iax.conf

Este archivo permite configurar los parámetros para definir la configuración de la troncal, como se puede observar en la Figura 5.

Esquema de conexión

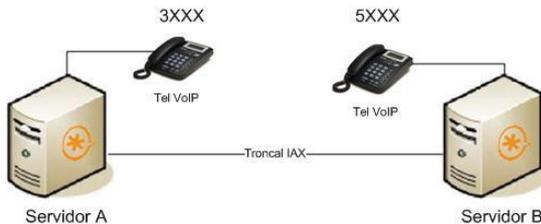


Figura 5 Llamadas entre usuarios rurales

Creamos un usuario que recibe las llamadas autenticadas de la nube DUNDi. La configuración va en ambos servidores y se detalla a continuación:

```
[general]
autokill=yes ;evita lazos
jitterbuffer=yes
bindport=4569
calltokenoptional=0.0.0.0/0.0.0.0
requirecalltoken=auto
maxcallnumbers=512 ;
[priv]
type=user
context=incomingdundi
```

7. Resultado de funcionamiento

Luego de la instalación y configuración de los componentes necesarios para este proyecto procedimos hacer llamadas desde los teléfonos IP en entorno local y remoto, así como también llamadas desde la red de telefonía pública hacia la organización y los simuladores de extensiones SIP/IAX. A continuación se muestra varias capturas de pantalla en la consola de Asterisk:

```
root@server_rural:/etc/asterisk
server_rural*CLI> dundi show peers
EID          Host          Model
00:07:e9:60:98:88  192.168.0.6  (S) Symmetric
1 dundi peers [1 online, 0 offline, 0 unmonitored]
server_rural*CLI>
root@server_urbano:~
server_urbano*CLI>
server_urbano*CLI> dundi show peers
EID          Host          Model
00:07:95:af:56:63  192.168.0.5  (S) Symmetric
1 dundi peers [1 online, 0 offline, 0 unmonitored]
```

Figura 6 Muestra de peers DUNDi en servidor urbano y rural.

```
root@server_urbano:~
server_urbano*CLI>
server_urbano*CLI> sip show peers
Name/username      Host          Dyn Nat
recepcion/recepcion 192.168.0.201. D
administracion/administra 192.168.0.200 D
2 sip peers [Monitored: 2 online, 0 offline Unmonit
```

Figura 7 Muestra de peers SIP (servidor urbano)

```
root@server_rural:/etc/asterisk
server_rural*CLI> sip show peers
Name/username      Host          Dyn Nat
gabriel/gabriel    192.168.0.101 D
david/david        192.168.0.100 D
angel/angel        192.168.0.200 D
3 sip peers [Monitored: 3 online, 0 offline Unmonit
```

Figura 8 Muestra de peers SIP (servidor rural)

```
rural*CLI>
awn extension (macro-extensiones, s, 1) exited non-zero on '
s'
awn extension (macro-extensiones, s, 1) exited non-zero on '
Executing [203@internal:1] Macro("SIP/david-b4297c48", "exte
Executing [s@macro-extensiones:1] Dial("SIP/david-b4297c48",
Called gabriel
SIP/gabriel-0a1d5da8 is ringing
SIP/gabriel-0a1d5da8 answered SIP/david-b4297c48
Packet2Packet bridging SIP/david-b4297c48 and SIP/gabriel-0a
awn extension (macro-extensiones, s, 1) exited non-zero on '
s'
awn extension (macro-extensiones, s, 1) exited non-zero on '
rural*CLI>
```

Figura 9 Llamadas entre usuarios rurales

```
Executing [101@internal:1] Macro("SIP/recepcion-U8e2d058"
stack
Executing [s@macro-extensiones:1] Dial("SIP/recepcion-08e
tack
Called administracion
SIP/administracion-090007e0 is ringing
SIP/administracion-090007e0 answered SIP/recepcion-08e2d0
Packet2Packet bridging SIP/recepcion-08e2d058 and SIP/adm
awn extension (macro-extensiones, s, 1) exited non-zero o
iones'
awn extension (internal, 101, 1) exited non-zero on 'SIP/
```

Figura 10 Llamadas entre usuarios rurales

```
urbano*CLI>
Called priv:Vh6vEdiUpnDD4hkljQNYIA=@192.168.0.5/202
Call accepted by 192.168.0.5 (format ulaw)
Format for call is ulaw
IAX2/192.168.0.5:4569-10434 is ringing
IAX2/192.168.0.5:4569-10434 stopped sounds
IAX2/192.168.0.5:4569-10434 answered SIP/administracion-0
urbano*CLI>
```

```
rural*CLI>
Accepting UNAUTHENTICATED call from 192.168.0.6:
> requested format = ulaw,
> requested prefs = (),
> actual format = ulaw,
> host prefs = (),
> priority = mine
Executing [202@incomingdundi:1] Macro("IAX2/192.168.0.6:
siones|SIP/david") in new stack
Executing [s@macro-extensiones:1] Dial("IAX2/192.168.0.6:
'david|10|r") in new stack
Called david
SIP/david-08853f48 is ringing
SIP/david-08853f48 answered IAX2/192.168.0.6:4569-1
rural*CLI>
```

Figura 11 Llamadas entre usuarios urbanos a rurales

```
urbano*CLI>
urbano*CLI>
Accepting UNAUTHENTICATED call from 192.168.0.5:
> requested format = ulaw,
> requested prefs = (),
> actual format = ulaw,
> host prefs = (),
> priority = mine
Executing [101@incomingdundi:1] Macro("IAX2/192.168.0.5:
nsiones|SIP/administracion") in new stack
Executing [s@macro-extensioes:1] Dial("IAX2/192.168.0.5
/administracion|101r") in new stack
Called administracion
SIP/administracion-09454158 is ringing
SIP/administracion-09454158 answered IAX2/192.168.0.5:45
awn extension (macro-extensioes, s, 1) exited non-zero
.5:4569-12438' in macro 'extensioes'
awn extension (incomingdundi, 101, 1) exited non-zero on
:4569-12438'
Hungup 'IAX2/192.168.0.5:4569-12438'
urbano*CLI>
```

Figura 12 Llamadas entre usuarios rurales a urbanos

```
Executing [s@from-pstn:1] Answer("DAHDI/4-1", "")
Executing [s@from-pstn:2] BackGround("DAHDI/4-1",
<DAHDI/4-1> Playing 'BIENVENIDO' (language 'en')
urbano*CLI>
urbano*CLI>
urbano*CLI>
urbano*CLI>
urbano*CLI>
R updated on DAHDI/4-1
Executing [4@from-pstn:1] Macro("DAHDI/4-1", "ext
Executing [s@macro-extensioes:1] Dial("DAHDI/4-1
Called recepcion
SIP/recepcion-08dad08 is ringing
SIP/recepcion-08dad08 answered DAHDI/4-1
awn extension (macro-extensioes, s, 1) exited non
awn extension (from-pstn, 4, 1) exited non-zero o
Hungup 'DAHDI/4-1'
urbano*CLI>
```

Figura 13 Llamadas desde red de telefonía pública a usuarios urbanos

```
Starting simple switch on 'DAHDI/4-1'
Executing [s@from-pstn:1] Answer("DAHDI/4-1", "")
Executing [s@from-pstn:2] BackGround("DAHDI/4-1",
<DAHDI/4-1> Playing 'BIENVENIDO' (language 'en')
urbano*CLI>
urbano*CLI>
urbano*CLI>
R updated on DAHDI/4-1
Executing [5@from-pstn:1] Macro("DAHDI/4-1", "exte
Executing [s@macro-extensioes:1] Dial("DAHDI/4-1".
Called gabriel
SIP/gabriel-08e94c40 is ringing
SIP/gabriel-08e94c40 answered DAHDI/4-1
urbano*CLI>
rural*CLI>
Accepting UNAUTHENTICATED call from 192.168.0.6:
> requested format = ulaw,
> requested prefs = (),
> actual format = ulaw,
> host prefs = (),
> priority = mine
Executing [5@incomingdundi:1] Macro("IAX2/192.168.0.6
ck
Executing [s@macro-extensioes:1] Dial("IAX2/192.168.
Called gabriel
SIP/gabriel-085db570 is ringing
SIP/gabriel-085db570 answered IAX2/192.168.0.6:4569-1
awn extension (macro-extensioes, s, 1) exited non-Ze
siones'
awn extension (macro-extensioes, s, 1) exited non-ze
Hungup 'IAX2/192.168.0.6:4569-1'
rural*CLI>
```

Figura 14 Llamadas desde red de telefonía pública a usuarios rurales

```
urbano*CLI>
Accepting UNAUTHENTICATED call from 192.168.0.5:
> requested format = ulaw,
> requested prefs = (),
> actual format = ulaw,
> host prefs = (),
> priority = mine
Executing [9900@incomingdundi:1] Dial("IAX2/192.168.0.5:
Called 4/900
DAHDI/4-1 answered IAX2/192.168.0.5:4569-8578
Hungup 'DAHDI/4-1'
pawn extension (incomingdundi, 9900, 1) exited non-zero o
Hungup 'IAX2/192.168.0.5:4569-8578'
Starting simple switch on 'DAHDI/4-1'
Executing [s@from-pstn:1] Answer("DAHDI/4-1", "") in new
Executing [s@from-pstn:2] BackGround("DAHDI/4-1", "BIENV
<DAHDI/4-1> Playing 'BIENVENIDO' (language 'en')
urbano*CLI>
server_rural*CLI>
server_rural*CLI>
-- Called priv:W+VRN4rBN2AYx6dpwq48Jg=@192.168.0.6/9900
-- Call accepted by 192.168.0.6 (format ulaw)
-- Format for call is ulaw
-- IAX2/192.168.0.6:4569-1 answered SIP/david-b46bdc00
-- Hungup 'IAX2/192.168.0.6:4569-1'
== Spawn extension (internal, 9900, 1) exited non-zero on 'SIP
server_rural*CLI>
```

Figura 15 Llamadas entre usuarios rurales a red de telefonía pública

```
r_urbano*CLI>
- Executing [9900@internal:1] Dial("SIP/recepcion-08e2d058",
- Called 4/900
- DAHDI/4-1 answered SIP/recepcion-08e2d058
- Hungup 'DAHDI/4-1'
Spawn extension (internal, 9900, 1) exited non-zero on 'SIP/
r_urbano*CLI>
```

Figura 16 Llamadas entre usuarios urbanos a red de telefonía pública

8. Conclusiones

1. Debido a las necesidades de los entornos rurales que no disponen de servicio de telefonía, se realizó una solución para esta necesidad.
2. En base a las pruebas y ejecución de este proyecto, es necesario implementar este servicio de telefonía en la mayoría de los entornos rurales, para mejorar el flujo de la comunicación en el país.
3. Este proyecto podría ser de mucha utilidad tanto en zonas rurales y áreas empresariales dentro del perímetro urbano.
4. Debido a que la tecnología avanza, y estamos inmersos en ella debemos hacer el uso respectivo y acomodándonos a las necesidades del entorno. En esta solución se hace el uso de la tecnología Wi-Fi, permitiendo el ahorro de cableado.
5. El proyecto es rentable debido a su diseño, ya que permite establecer comunicación entre sus PBX y compartir su plan de marcado entre en los entornos urbanos y rurales.
6. Este proyecto es de bajo costo, debido a que se utiliza código abierto, la única inversión es en requerimientos hardware y mano de obra de instalación y configuración.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



9. Recomendaciones

1. Al implementar esta tecnología, el proveedor de Internet deberá establecer una conexión punto a punto o una conexión a internet en ambos extremos para establecer la comunicación
2. Recomendamos hacer el uso de equipos que soporten VPN como router's CISCO 1800, para la transmisión de la voz y se necesitará configurar la VPN o túneles para la interconexión entre ambos servidores.
3. Hacer el uso de antenas sectoriales y repetidoras para la señal inalámbrica, se busca que abastezca todo el entorno rural.
4. Es necesario hacer un estudio de campo en la zona geográfica donde se dará la cobertura del servicio y poder determinar las limitantes posibles.
5. No debería de haber más de 20 usuarios conectados con teléfonos IP inalámbricos en cada servidor debido a que se pierde la calidad de servicio. Depende directamente del ancho de banda que se tenga.
6. Solicitar a la empresa de telefonía pública, hacer el uso del mismo número telefónico, con diferentes líneas para conectarlas en la tarjeta TDM400p, en los puertos FXO, y así poder realizar y recibir algunas llamadas de manera consecutiva.

10. Bibliografía

- [1] Rodrigo de Salazar, Sistema de voz sobre IP para redes inalámbricas en zonas rurales aisladas,
http://www.ehas.org/uploads/file/difusion/academico/PFC/RodrigoSalazar_PFC.pdf,
Agosto 2010
- [2] Asterisk Colombia, Qué es Asterisk?,
<http://www.asteriskcolombia.org/documentacion/general/%C2%BFque-es-asterisk/>,
Septiembre 2010
- [3] Gorka Gorrotxategi – Iñaki Baz, Tecnologías Voz sobre IP y Asterisk,
<http://documentacion.ironotec.com/cursoAsteriskVozIP-3-introduccionAsterisk.pdf>,
Septiembre 2010
- [4] Nayeli Reina y Marcos Granados, Qué es DUNDi?,
<http://www.voip.unam.mx/mediawiki/index.php/DUNDi>,
Octubre 2010
- [5] Julián Menéndez, Usando la red DUNDi en Asterisk,
<http://www.julianmenendez.es/usando-dundi-asterisk/>,
Octubre 2010
- [6] Emisanti Quintana, Telefonía Tradicional y Telefonía IP,
<http://blog.pucp.edu.pe/item/11416/asterisk>,
Diciembre 2010
- [7] Kioskea.net, Introducción a Wi-Fi (802.11 o WiFi),
<http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifiintro.php3>,
Febrero 2011